

## Nuevos datos sobre la extensión y tipo de glaciario en Somosierra (Sistema Central Ibérico)

### *New data on the extent and type of Pleistocene glaciation in the Somosierra Mountain (Iberian Central System)*

R.M. Carrasco<sup>1</sup>, A. Saiz<sup>2</sup>, J. Pedraza<sup>2</sup>, T. Karambaglidis<sup>3</sup>, J. Villa<sup>1</sup>, J. Centeno<sup>2</sup> y M.A. Sanz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ingeniería Geológica y Minera, Facultad Ciencias Ambientales y Bioqu., Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Carlos s/n, 45071 Toledo. Rosa.Carrasco@uclm.es

<sup>2</sup> Dpto. Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, C/ José Antonio Novais, 12, 28040 Madrid. ansaizga@gmail.com, javierp@ucm.es, juande@ucm.es, massinfo@ucm.es

<sup>3</sup> Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana, CENIEH, Paseo Sierra de Atapuerca, 3, 09002 Burgos, España, 28040. theodoros.karambaglidis@cenieh.es

**Resumen:** Los datos disponibles sobre la morfología glaciar de Somosierra lo describen como un glaciario de menor incidencia con el desarrollo de algunos glaciares de circo muy localizados. Tanto por sus dimensiones, como por su localización geográfica y altitud, las condiciones presentes en Somosierra para la instalación de los glaciares, en principio deben considerarse menos adecuadas que en los otros sectores del Sistema Central Ibérico donde se localizaron estos procesos a lo largo del Pleistoceno. Sin embargo, esos datos son muy escasos y poco actualizados, por lo cual su valor es limitado. En este trabajo se presentan los resultados de una serie de estudios recientes que modifican las interpretaciones precedentes sobre la dimensión de algunos paleoglaciares y aporta la primera cartografía y análisis morfométrico de la morfología glaciar de este sector del Sistema Central Ibérico.

**Palabras clave:** glaciario, Pleistoceno Superior, cartografía, Somosierra, Sistema Central Ibérico.

**Abstract:** According to available data, the development of glacial processes on Somosierra Mountain would have been minor and there was only some cirque glaciers in very specific locations. Both for its extension and its geographical location and altitude, the conditions present in Somosierra for installation of glaciers in principle should be considered less suitable than the other sectors of the Central System Iberian where also they are located these processes along the Pleistocene. However, such available data are very sparse and outdated, so its value is limited. In this work presents the results of a series of recent studies that modify previous interpretations about the dimension of some paleo-glaciers and for the first time provides a detailed cartography and a morphometric analysis of glacial morphology of this sector of the Iberian Central System.

**Key words:** glaciers, Late Pleistocene, cartography, Somosierra Mountain, Iberian Central System.

## INTRODUCCIÓN

En principio y de acuerdo con los escasos datos previos disponibles (ver al respecto Pedraza y Carrasco, 2005), la actividad glaciar durante el Pleistoceno Superior en Somosierra debe ser catalogada como limitada en extensión y tipo de glaciario. En relación a otros sectores/macizos del Sistema Central Ibérico (sierras de la Estrella, Gredos y Guadarrama), en los que se han identificado numerosos paleoglaciares de meseta, valle, ladera y circo, algunos de gran magnitud, en Somosierra únicamente se han descrito algunos glaciares de circo (concretamente 7) y la mayoría de ellos están catalogados como de pequeñas dimensiones (Hernández-Pacheco, 1925; Fränzle, 1959). Sin embargo, en los estudios recientes que llevamos a cabo en estas áreas en el contexto de varios proyectos sobre morfología glaciar, han aparecido nuevos datos sobre la dimensiones de algunos glaciares previamente clasificados como de

circo, se han identificado otros nuevos y también numerosos nichos de nivación asociados a la etapa glaciar. Debido a estas circunstancias, la valoración de la verdadera magnitud y condiciones de desarrollo de los procesos glaciares del Pleistoceno en Somosierra, debe de ser revisada y basarse en una población de datos más completa que la disponible hasta el momento.

Con estas premisas, el objetivo principal de este estudio es aportar una cartografía geomorfológica actualizada del glaciario en Somosierra. Esta cartografía contiene la rectificación de algunos paleoglaciares ya cartografiados previamente y la inclusión de otros y numerosos circos nivales que hasta el momento no se había identificado. Partiendo de estas nuevas aportaciones, las estimaciones previas apuntan a un desarrollo del glaciario bastante más intenso y extenso que el descrito hasta el momento y con unas localizaciones preferentes muy marcadas. Por este motivo y como objetivo complementario de este

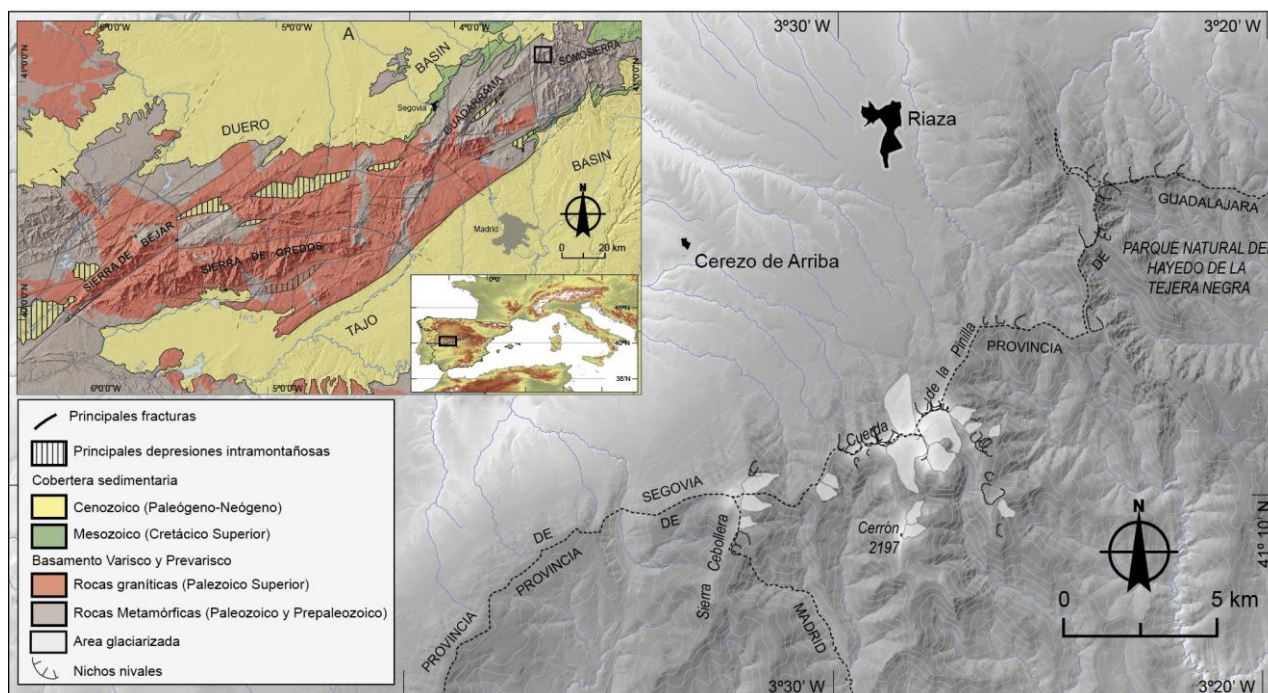


FIGURA 1. Situación del área de estudio

trabajo, también se han abordado algunos aspectos sobre la localización de los glaciares en este sector del Sistema Central Ibérico. Dada la abundancia de cuencas de acumulación glaciar y/o nival en algunos sectores, para este objetivo complementario se ha realizado un análisis de los parámetros morfométricos de esas morfologías. Estos parámetros y la descripción cuantitativa del perfil longitudinal de los circos, son trabajos muy comunes y se consideran esenciales para caracterizar las morfología de origen glaciar (ver p. ej.: Evans y Cox, 1974, Federici y Spagnolo, 2004).

En lo relativo a la cronología, el glaciarrismo de Somosierra se ha atribuido al último ciclo glaciar (Pleistoceno Superior) (Fränzle, 1959), si bien hasta el momento no hay dataciones precisas.

## CONTEXTO REGIONAL

Si bien los límites fisiográficos siempre son discutidos, el sector oriental del SCI suele situarse en el dominio Somosierra-Ayllon. Esta sería la unidad orográfica equivalente a las restantes de esta cadena montañosa (Guadarrama, Gredos, etc.). En este sentido, Somosierra no debe considerarse con la categoría de un sector, sino de un macizo equivalente a otros como el de Peñalara, Cabezas de Hierro, Alto Gredos, etc. Esta precisión es importante y debe tenerse muy en cuenta al realizar análisis comparados y correlaciones entre los diferentes sectores/macizos del SCI. Desde el punto de vista fisiográfico, Somosierra destaca por su clara tendencia N-S en las alineaciones orográficas debido a un complejo sistema de bloques en cuña basculados hacia el Sur y organizados según una alineación principal NE-SO, de los que resultan vertientes disimétricas con notables implicaciones en el desarrollo de los procesos geomorfológicos recientes.

Geológicamente está formado por materiales metamórficos y sedimentarios de edad paleozoica y prepaleozoica que conforman una morfoestructura similar a los sectores occidentales (Gata-Peña de Francia) donde aparecen fisonomías “apalachanas” bien definidas (Fig. 1). Su ambiente climático es de dominio continental de montaña (Dsb), con temperaturas medias entre 2.5 y 5.0° C y la precipitación media anual varía entre los 800 y 1000 mm, pudiendo alcanzar los 1400 mm en cotas superiores (AEMET/IMP, 2011). El número medio de días al año con temperatura mínima inferiores o igual 0° C es superior a 100, lo que unido a la escasa precipitación y ausencia de coberteras nivales protectoras durante el invierno, hace que la eficacia de los ciclos de helada sea muy alta con la aparición de procesos característicos de suelos helados de ciclo corto (varios días/semanas) capaces de generar formas características de ambientes de permafrost esporádico (hidrolacolitros, circos solifluidales, vertientes de gelifractos, etc., ver p.ej.: Pedraza y Carrasco, 2005).

## METODOLOGÍA

La cartografía geomorfológica de las áreas modeladas por los procesos glaciares y nivales es la base de este trabajo. La identificación y delimitación de las unidades cartografiadas se ha basado en criterios morfotopográficos (disposición espacial), geométricos (forma y tamaño) y genéticos (depósito o tipo de forma de relieve). Estos datos se han obtenido mediante técnicas de fotointerpretación y trabajo de campo. En la delimitación de los circos se ha utilizado además el mapa de pendientes para realizar modificaciones de detalle. La cartografía y análisis de los datos se ha realizado utilizando ArcGIS 10.3. Para caracterizar los

circos, se han medido los parámetros morfométricos siguiendo los métodos descritos en Evans y Cox (1974) y empleados en otras montañas de la Península Ibérica (ver p.ej., Guerra Ceballos y Sanz Donaire, 1985, García-Ruiz et al., 2000). Estos parámetros describen el tamaño y la forma de cada circo y por tanto son de utilidad para establecer la duración y la intensidad de las condiciones glaciares en las que se formaron.

## RESULTADOS

Se han cartografiado un total de 15 glaciares concentrados en su mayoría en la vertiente meridional de Somosierra (ver Fig. 1), de los cuales 8 no habían sido citados previamente. El área total glaciada es 7.78 km<sup>2</sup>, con más del 50% concentrado en tres glaciares (La Pinilla, Las Mesas, y Pico del Lobo, Tabla I). De todos ellos el de mayores dimensiones es La Pinilla, con 2189 m de longitud y el único con orientación norte localizado en esta sierra. En general todos ellos fueron clasificados como de circo, sin embargo algunos presentan lenguas bien desarrolladas y localizadas en tramos de fuerte pendiente o estabilizadas ya en fondos de valle. De acuerdo con ello, esos glaciares deben considerarse como de ladera o vertiente y de valle respectivamente (ver Tabla I). Las cuencas de acumulación se caracterizan por tener varios compartimentos, en general con fisonomía de circo. Para caracterizar estas fisonomías se ha realizado un análisis de sus parámetros morfométricos en el que se han incluido también los circos nivales.

De los 33 circos analizados, 21 son glaciares y 12 nivales (Tabla II). La orientación general más frecuente es a levante (84.8 %), y en menor proporción la Norte (9.1%) y Sur (6.1 %). La mayoría (67 %) tiene valores de H dentro del rango de 100 a 265 m, siendo sólo el circo de La Pinilla superior a los 400 m. Este último es también el de mayor longitud (983 m) y anchura (805 m). Los valores del índice L/W son  $\approx 1$ , lo que indica que la fisonomía de los circos es predominantemente circular, si bien hay un gran número de ellos con valores superiores a 1 y por tanto de tendencia ovalada, es decir, con una longitud mayor que su anchura. El valor medio del índice W/H es de 3.1 lo que indica que la sobrecavación fue poco importante y la tendencia

erosiva general se concentró en el ensanchamiento de la cuenca de acumulación. Esto está de acuerdo con la disposición topográfica de la mayoría de los glaciares, que al estar localizados en vertientes carecían de una zona de estabilización del hielo.

## SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

Considerando todos los factores que contribuyeron al desarrollo del glaciario en el SCI (topografía, localización geográfica, altitud, morfología previa, etc.), Somosierra es el macizo que presenta mayor septentrionalidad. Frente a ese factor favorable, los restantes son comparativamente más desfavorables que en el resto de los macizos de esta cadena montañosa: muestra una notable continentalidad que aridifica el clima; su altura máxima se localiza en el Pico del Lobo a 2274 m, cota inferior a la del Macizo de Peñalara (Peñalara, 2428 m), Sierra de Béjar (Canchal de la Ceja, 2428 m), y Alto Gredos (Pico Almanzor 2591 m); la superficie ocupada por los terrenos que se localizan en cotas superiores a los 2000 m (altura media límite para el desarrollo de los glaciares pleistocenos en el SCI) es de 9.7 km<sup>2</sup>, frente a los 15.6 km<sup>2</sup> del Macizo de Peñalara, 31.9 km<sup>2</sup> de la Sierra de Béjar y 42.4 km<sup>2</sup> del Alto Gredos. Sin embargo y de acuerdo con los nuevos datos presentados en este trabajo, el glaciario en Somosierra tuvo una incidencia comparativamente proporcional a la de esos otros macizos. De hecho, el glaciario en Somosierra es equivalente al desarrollado en el Macizo de Peñalara, con la presencia de importantes glaciares de ladera y, aunque de pequeñas dimensiones, también glaciares de valle. En lo relativo a la cronología, hasta el momento la única referencia disponible es la basada en las correlaciones regionales y algunos indicadores (estado de conservación de las morrenas, relación con los depósitos fluviales y periglaciares) que, como en otras áreas del SCI, sirvieron para situar este glaciario en una etapa equivalente a la del Würm alpino (ver p.ej.: Pedraza y Carrasco, 2005). Los datos que obtenidos con dataciones absolutas en otras áreas del SCI, en general coinciden con esa estimación previa (ver p. ej.: Palacios et al., 2012; Carrasco et al., 2015). A este respecto, es importante señalar que en

Denominación	Primera cita y denominación	Tipo de glaciar	Orientación media	Longitud (m)		Altitud mín. (m asl)	Altitud máx (m asl)	Área	
				2D	3D			(km <sup>2</sup> )	(%)
1 Cerro del Recuenco	Tres Provincias**	Ladera	E	1062	1064	1768	2100	0.38	5.0
2 Cabeza del Tempraniego	-	Circo	E, SE	690	690	1833	2060	0.17	2.2
3 Collado de la Chana	-	Circo	SE	720	721	1700	1930	0.19	2.5
4 Regajo del Puerto	-	Circo	E	782	783	1672	1940	0.28	3.7
5 Las Mesas	-	Valle	S, SE	2087	2094	1814	2253	1.39	18.4
6 Las Zorreras	-	Ladera	NE	862	868	1827	2123	0.28	3.6
7 Cerrón	-	Circo	E	874	876	1930	2196	0.26	3.4
8 Pico del Lobo	Lobo**	Valle	E, SE	1701	1705	1826	2268	1.19	15.7
9 Buitrera de los Lobos	Lobo**	Ladera	E, NE	965	965	1846	2212	0.61	8.1
10 Hoyo Redondo	Peñuelas**	Ladera	E	915	916	1763	2160	0.33	4.4
11 Majada del Guijarro Oeste	-	Circo	E	661	665	1801	2070	0.15	1.9
12 Majada del Guijarro Este	-	Circo	NE	601	602	1678	1980	0.13	1.8
13 Loma del Rocín	Rocín**	Circo	SE	809	810	1715	2044	0.21	2.7
14 Cebollera Vieja	La Garganta**	Ladera	NE	1366	1368	1566	2090	0.51	6.8
15 La Pinilla	La Buitrera*	Ladera	N	2189	2253	1537	2255	1.51	19.9

\* E. Hernández-Pacheco (1925); \*\* O. Fränzle (1959); Alt<sub>mín</sub>, Alt<sub>máx</sub>, Alt<sub>md</sub>, altura mínima, máxima y media

TABLA I. Parámetros morfográficos en los paleoglaciares de Somosierra

Denominación	GL	A 2D	L	W	H	S	S <sub>mean</sub>	Alt <sub>min</sub>	Alt <sub>mean</sub>	Alt <sub>max</sub>	As	L/H	W/H	L/W	Litología
1 Loma de la Cebollera	-	0.07	312.6	262.3	114.9	211.2	22.0	1792	1849	1907	54.0	1.2	2.3	1.2	GN, ES
2 Cebollera Vieja Norte	14	0.02	217.9	138.5	100.4	144.7	25.5	1786	1836	1886	88.6	1.6	1.4	1.6	GN
3 Cebollera Vieja	14	0.23	449.2	551.0	207.7	371.9	27.3	1864	1968	2072	59.9	0.8	2.7	0.8	GN, ES
4 Cerro del Recuenco	1	0.13	327.1	469.5	112.0	258.2	23.8	1966	2022	2078	82.3	0.7	4.2	0.7	GN, ES
5 Arroyo de la Chorrera Norte	2	0.12	324.5	512.4	120.5	271.6	26.0	1927	1987	2047	120.5	0.6	4.3	0.6	GN, ES
6 Arroyo de la Chorrera Sur	-	0.19	550.6	491.9	162.1	352.8	17.3	1894	1975	2056	163.6	1.1	3.0	1.1	GN, ES
7 Cabeza del Tempraniego	-	0.08	316.5	336.0	87.3	210.2	15.4	1906	1950	1993	120.6	0.9	3.8	0.9	GN, ES
8 Collado de la Chana	3	0.13	436.5	396.4	145.5	293.1	20.5	1770	1842	1915	129.9	1.1	2.7	1.1	ES
9 Regajo del Puerto	4	0.14	350.5	532.3	114.2	277.2	21.8	1806	1863	1920	67.7	0.7	4.7	0.7	ES
10 Los Picachos	-	0.03	176.6	170.9	84.8	136.8	25.2	2019	2062	2104	141.5	1.0	2.0	1.0	ES
11 Cerro de la Cebosa	-	0.32	589.9	753.8	155.7	410.6	22.0	1868	1946	2023	28.3	0.8	4.8	0.8	GN, PI-ES
12 El Cervunal Este	5	0.26	501.7	605.6	218.4	404.9	28.7	1997	2106	2215	160.0	0.8	2.8	0.8	GN, PI-ES
13 El Cervunal Oeste	5	0.19	589.4	434.0	201.6	372.2	21.9	1982	2083	2184	128.2	1.4	2.2	1.4	ES, PI-ES
14 Las Zorreras	6	0.06	318.3	258.7	115.9	212.1	25.2	1985	2043	2101	60.7	1.2	2.2	1.2	GN, PI-ES
15 Matarredonda	7	0.11	319.6	420.7	96.1	234.7	18.0	1976	2024	2072	83.9	0.8	4.4	0.8	GN
16 Loma Cabeza Pinillo	7	0.10	206.9	555.4	60.3	190.7	17.4	2075	2105	2136	89.3	0.4	9.2	0.4	GN, PI-ES
17 Cerrón Este	7	0.05	208.0	302.3	69.0	163.1	18.3	2116	2150	2185	83.3	0.7	4.4	0.7	PI-ES
18 Cerrón Sur	-	0.02	176.9	134.3	42.0	99.9	14.7	2146	2167	2188	151.7	1.3	3.2	1.3	PI-ES
19 Portillo del Lobo	8	0.18	630.8	362.7	98.6	282.5	15.4	2111	2160	2209	54.9	1.7	3.7	1.7	PI-ES
20 Pico del Lobo	8	0.30	524.9	601.5	218.0	409.8	24.4	2046	2155	2264	72.1	0.9	2.8	0.9	PI-ES
21 Buitrera de los Lobos	9	0.17	562.6	396.5	252.5	383.3	28.2	1878	2005	2131	91.5	1.4	1.6	1.4	PI-ES
22 Buitrera de los Lobos Sur	9	0.23	582.9	562.8	228.7	421.7	26.7	1905	2019	2134	53.8	1.0	2.5	1.0	PI-ES
23 Hoyo Redondo	10	0.26	431.6	678.6	227.4	405.3	28.9	1913	2027	2140	70.0	0.6	3.0	0.6	PI-ES
24 Hoyo Redondo Norte	11	0.09	300.1	330.3	134.3	237.0	25.4	1919	1986	2053	74.6	0.9	2.5	0.9	PI-ES
25 Majada del Guijarro Oeste	-	0.09	415.1	316.0	165.6	279.0	23.0	1893	1976	2059	16.8	1.3	1.9	1.3	PI-ES
26 Majada del Guijarro Este	12	0.10	352.7	369.5	214.0	303.3	31.6	1757	1864	1971	39.3	1.0	1.7	1.0	GN, PI-ES
27 Torre del Rayo Norte	-	0.02	123.3	195.1	45.6	103.2	21.0	1996	2019	2042	89.2	0.6	4.3	0.6	PI-ES
28 Torre del Rayo Sur	-	0.03	165.6	178.1	61.8	122.1	20.7	1945	1976	2007	90.7	0.9	2.9	0.9	PI-ES
29 Majada del Rocín	-	0.06	284.3	300.4	118.2	216.1	23.5	1860	1919	1978	108.2	0.9	2.5	0.9	GN, PI-ES
30 Loma del Rocín	13	0.21	617.0	378.5	265.6	395.8	27.2	1734	1867	2000	123.8	1.6	1.4	1.6	GN, PI-ES
31 El Colmenar	-	0.08	240.1	430.0	67.8	191.3	16.7	1879	1912	1946	82.7	0.6	6.3	0.6	GN, PI-ES
32 La Pinilla	15	0.70	983.9	805.5	427.8	697.3	30.4	1790	2004	2218	347.7	1.2	1.9	1.2	GN, ES, PI-ES
33 El Chaparral	-	0.15	570.8	353.9	248.9	369.1	29.7	1731	1855	1980	13.2	1.6	1.4	1.6	ES, PI-ES

GL, número de glaciar (ver tabla I); A, área (km<sup>2</sup>); L, longitud (m); W, anchura (m); H, rango altitudinal; S, tamaño,  $\sqrt{L \cdot W}$  (m); S<sub>md</sub>, pendiente media; Alt<sub>min</sub>, Alt<sub>max</sub>, Alt<sub>md</sub>, altura mínima, máxima y media; As, orientación; Litología: GN, gneis; ES, esquistos, gneises y rocas de silicatos cálcicos; PI-ES, Pizarras/filitas o esquistos con intercalaciones arenosas y cuarcíticas.

TABLA II. *Parámetros morfométricos analizados en los circos de Somosierra*

Somosierra se han comenzado a aplicar esos mismos procedimientos basados en nucleídos cosmogénicos y se está a la espera de los primeros datos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el MINECO (proyecto CGL 2013-44076-P) y el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (MAGRAMA, proyecto SPIP2014-01092). Deseamos también agradecer la ayuda y asistencia de la Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales (JCCM) y de la Delegación Territorial de Segovia (Servicio Territorial de Medio Ambiente, JCyL).

## REFERENCIAS

- AEMET/IMP. (2011). Atlas Climático Ibérico-Iberian Climate Atlas. Agencia Estatal de Meteorología e Instituto de Meteorología de Portugal. Madrid.
- Carrasco, R.M., Pedraza, J., Domínguez-Villar, D., Willenbring, J.K. y Villa, J. (2015). Sequence and chronology of the Cuerpo de Hombre paleoglacier (Iberian Central System) during the last glacial cycle. *Quaternary Science Reviews*, 129, 163-177.
- Evans, I.S. y Cox, N.J. (1974). Geomorphometry and the operational definition of cirques. *Area*, 6, 150-153.
- Fränze, D. (1959). Glaziale und periglaziale Formbildung im östlichen Kastilichen

Scheidegebirge (Zentralspanien). *Bonner Geogr. Abh.*, 80 págs. Publicado en castellano en *Est. Geogr.*, 39 (151 y 152), 1978.

- Federici, P.R. y Spagnolo, M. (2004). Morphometric analysis on the size, shape and areal distribution of glacial cirques in the Maritime Alps (western French-Italian Alps). *Geogr. Ann.*, 86A, 235-248.
- García-Ruiz, J.M., Gómez-Villar, A., Ortigosa, L. y Martí-Bono, C. (2000). Morphometry of glacial cirques in the C. Spanish Pyrenees. *Geogr. Ann.*, 82A, 433-442.
- Guerra Zaballos, A. M. y Sanz Donaire, J.J. (1985). Relación entre la glaciomorfología y la tectónica en el macizo de Somosierra (Sistema Central Español). *Actas de la I Reunión de Cuaternario Ibérico*, Lisboa, p. 105-117.
- Hernández Pacheco, F. (1925). El glaciar cuaternario de tipo pirenaico de la Buitrera, Riaza (Segovia). *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, 6, 185-192.
- Palacios, D., de Andrés, N., Marcos, J., Vázquez-Selem, L., (2012). Glacial landforms and their paleoclimatic significance in the Sierra de Guadarrama, Central Iberian Peninsula. *Geomorphology* 139-140, 67-78.
- Pedraza, J. y Carrasco, R.M. (2005). El glaciarismo pleistoceno del Sistema Central. *Aepect*, 13, 178-288.